

Проблемные инновации в обработке данных без полноценной информации об объекте исследования и ограничений на область применения

В статье исследуются вопросы, связанные с проблемными инновациями в обработке данных, на примере моделей коррекции остатками, которые нашли широкое применение в первую очередь среди экономистов. Показывается необходимость глубокого, содержательного анализа исследуемых экономических систем, четкого определения допустимых областей применения новых эконометрических моделей и методов.

1. Введение

Стремление управлять процессами в обществе, не имея полноценной информации, связано с огромными рисками. Чем ближе к границе непознанного, тем выше риск использования инноваций. Прежде инновационная деятельность человека была нацелена на то, чтобы более эффективно возделывать и использовать то, что создано Природой. Сегодня он пытается возместить нехватку природных ресурсов, дополнить то, что дает ему Природа, для поддержания жизненных сил, усовершенствовать свой организм, управлять процессами в обществе, не имея полноценной информации. Все это связано с рисками для самого человека.

Так, в начале 2009 г. за рубежом стали публиковаться статьи, в которых на примере работ в области социальной нейронауки показано, что при анализе результатов исследований часто применяются ненадежные статистические методы и доля статей с некорректным отбором данных значительна (например, сотрудники Массачусетского технологического института (MIT) пришли к выводу, что в области функциональной магнитно-резонансной томографии в 28 исследованиях из 55 методы были ненадежны). В конце апреля 2009 г. другой группой ученых были найдены ошибки в 57 из 134 последних статей в этой же области. Как отмечается в [Vul et al. (2009)]; [Бердичевский и Бегли (2009)], то же самое возможно и в исследованиях, относящихся к электроэнцефалографии и к другим областям нейронауки, а возможно, вообще и к другим областям науки.

Очевидно, после наук о жизни в первую очередь это может относиться к исследованиям в области общественных наук. Последнее объясняется тем, что результаты эконометрической обработки экономико-статистической информации могут быть использованы для построения моделей, предназначенных для прогнозирования общественных процессов, но не учитывающих целый ряд факторов и явлений и в результате при определенных условиях (например, в случае шоковых воздействий, кризисных явлений и т. п.) дающих неверные оценки.

При этом, по-видимому, в большинстве случаев нельзя говорить об асимметричности информации, т. е. о том, что производители и разработчики инноваций сознательно утаива-

ют от потребителя информацию о недостатках предлагаемых продуктов (например, когда продавец подержанного автомобиля знает о его качестве намного больше, чем покупатель; можно привести аналогичные примеры из области страхования, выдачи кредитов, найма на работу и т. д.).

В случае инноваций, относящихся к человеческому обществу, к экономике, чаще всего возникает ситуация, когда знания о рисках у обеих сторон не велики, а предвидеть, где и при каких условиях нововведения (особенно при их междисциплинарном характере) будут использованы, очень трудно. Последнее справедливо не только для материальных инноваций, но и для инноваций в сфере управления, в финансовой сфере, в области обработки информации (в частности, научной и экономической).

По мере усложнения знаний, перехода к междисциплинарным исследованиям, получения часто неожиданных результатов неопределенность в оценке возможных последствий от использования инновации еще более возрастает. В первую очередь это связано с тем, что область применения новых результатов научных исследований трудно предвидеть. Существует и проблема возрастной стратификации — особенно в общественных науках, где знания и опыт накапливаются с возрастом, и молодежь не всегда может понять недостатки тех или иных подхода, модели, метода.

Инновации могут быть позитивными (или полезными), негативными (или сомнительными, проблемными). Обычно считается, что позитивные инновации ведут к повышению эффекта от их использования и к получению определенной выгоды. В противоположность им негативные ухудшают ситуацию и повышают уровень затрат ресурсов [Jones (2006)].

Отсюда следует традиционный вывод исходя из критерия экономической эффективности: полезные, позитивные инновации общество стремится использовать как можно быстрее, и, наоборот, вредные, или негативные, инновации общество старается быстро отвергнуть.

В целом следует признать, что подобное дихотомическое деление инноваций на плохие и хорошие исходя лишь из экономических критериев, а также представление о том, что общество старается как можно быстрее использовать хорошую или отвергнуть плохую инновацию, представляются достаточно наивными, по крайней мере, для краткосрочного или даже среднесрочного отрезка времени. Например, кризису финансовой системы во многом способствовали проблемные инновации: они проявились, в частности, в применении все более изощренных инструментов, в использовании математических моделей при неопределенной информации и т. д. (см. [Testimony (2008)] и др.).

Среди факторов, стимулирующих создание и распространение проблемных инноваций, можно выделить следующие:

- ориентация потребителей инновационных продуктов на максимальный эффект, экономии времени и краткосрочные цели развития;
- сложность полученных знаний, недостаточно глубокое понимание последствий применения инноваций при определенных условиях даже разработчиками инноваций;
- значительные лаги выявления, понимания и учета рисков использования инновационных продуктов;
- монополизация рынка экономических знаний наиболее богатой страной (США);
- снижение уровня самообеспеченности, повышение зависимости от импорта научных результатов и т. д.

В данной статье делается попытка исследовать вопросы, связанные с проблемными инновациями, на примере моделей коррекции остатками (ECM), которые нашли широкое применение в первую очередь среди экономистов.

2. Модель коррекции остатками

Проблеме взаимного соответствия экономической теории и эконометрических оценок моделей посвящено достаточно большое число работ. Остановимся только на нескольких из них: [Pesaran and Smith (1993)]; [Granger (1997)]; [Alogoskoufis and Smith (1991)]; [Christ (1993)]; [Salmon (1982)], [Pesaran (1997)]. В [Pesaran and Smith (1993)] дан краткий исторический обзор развития эконометрических методов и выделены последовательные этапы развития. Так, до 1970 г. преобладала традиционная стратегия, характеризующаяся тем, что теоретики формулировали модель, параметры которой оценивали и тестировали затем эконометристы (см. также работу [Haavelmo, (1958)] и отчет Cowles Commission [Malinvaud (1983)]). Происходило интенсивное развитие методов оценки (они достаточно подробно описаны в руководствах к наиболее известным пакетам эконометрических методов — например, TSP) — таких, как метод максимального правдоподобия с полной информацией (FIML), метод максимального правдоподобия с неполной информацией (LIML), метод распределенных лагов и другие известные процедуры. Разработке этих методов предшествовало создание экономической теории и соответствующих эконометрических моделей. В это время получили развитие наиболее известные макроэкономические модели, параметры уравнений которых оценивались с помощью эконометрических методов.

Начало второго периода приходится на конец 1970-х — начало 1980-х годов, когда созданные до этого экономические модели стали подвергаться критике из-за недостаточного соответствия реальным процессам в экономике и неудовлетворительной точности прогнозирования на их основе. В ситуации, когда теория перестала отвечать на многие вопросы о реальной действительности, естественным стало стремление исследователей в еще большей степени использовать методы эконометрики. При этом акцент в исследованиях сместился в сторону отыскания закономерности в связях между рассматриваемыми экономическими переменными, часто без необходимого теоретического обоснования.

Именно в этот период широкое распространение получили методы коинтеграции, модели коррекции остатками и др., которые позволили использующим их исследователям существенно повысить точность оценки параметров выбранных ими моделей исходя из лучшего приближения эндогенных переменных к реальным [Maddala, Kim (1999)]; [Granger (1997)]. При этом спецификация результирующей модели часто оказывалась следствием выбранного метода и требований к точности эконометрических оценок.

Модель коррекции остатками (ECM — error correction models, error correction mechanism) в последние два десятилетия получила широкое распространение благодаря следующим своим достоинствам:

точность — она дает возможность исследователю получить высокую точность оценки параметров, даже без особого внимания к обоснованию спецификации модели;

облегчение доказательства — она позволяет более легко доказать выдвигаемую гипотезу, так как основой доказательства в целом ряде случаев в первую очередь становится точность оценки параметров, а не понимание происходящих в экономической системе процессов;

экономия времени — она значительно сокращает время поиска эконометрической модели с высокой точностью оценок параметров, если основным критерием становится не полнота информации об исследуемой системе, а точность оценки параметров используемой модели.

Хотя среди первых, кто рассматривал ЕСМ, были А.Филипс [Phillips (1954) и (1957)], Дж.Сарган и Д.Хендри [Hendry et al. (1984)], наибольшую известность получили работы К.Грэнжера, ставшего в 2003 г. совместно с Р.Энгелем, лауреатом Нобелевской премии по экономике. Традиционно считается, причем без особых доказательств, что разработанные им методы позволяют экономистам лучше объяснять долгосрочные тенденции и строить более достоверные прогнозы путей развития экономики. Глава Нобелевского комитета по экономике Торстен Персон заявил, что методы Грэнжера «полностью изменили представление о статистических моделях с изменениями во времени»¹.

В настоящее время уже разработан целый ряд модификаций ЕСМ. Например, обобщенная ЕСМ (GECM) усложнена путем дополнительного лагового члена [Banerjee et al. (1993)] и т.п. Более того, ЕСМ используются не только в экономике, но и в политологии [De Boef (2000)]. Сейчас трудно найти экономический журнал, в котором не было бы статьи с ЕСМ. Число ссылок на ЕСМ-модель и связанные с ней задачи значительно превышают количество ссылок на другие, фундаментальные задачи экономики и эконометрики.

В табл. 1 представлены данные о количестве ссылок по определенным темам, полученные в июне 2009 г. в результате запроса в поисковой системе Yahoo. Они свидетельствуют о том, что упоминания о проблемах, связанных с проверкой на единичный корень, ЕСМ и пр. по количеству значительно (в 2–3 раза и более) превышают ссылки на такие фундаментальные направления, как макроэкономические модели, макромоделирование, эконометрические модели и пр.

Таблица 1

**Количество ссылок на запросы
по различным направлениям эконометрических исследований**

Запрос в http://search.yahoo.com/search	Количество ссылок
unit root problem	27 800
unit root process	26 500
error correction model	15 800
unit root test	15 700
macroeconomic model	8600
econometric model	5790
econometric modeling	5760
vector error correction model	2800
econometric model equation	2190

¹ http://slovari.yandex.ru/dict/krugosvet/article/4/4b/1_011_219.htm.

Запрос в http://search.yahoo.com/search	Количество ссылок
microeconomic model	1920
macroeconomic model simulation	1200
cointegration	907
cointegration analysis	586
macromodeling	415
cointegrating vectors	303
cointegration and error correction	237
macromodel	184

Рассмотрим подробнее этот инновационный подход с точки зрения его сомнительности и ограниченности применения для экономических исследований.

Основное содержание метода

Наиболее простая модель, а именно авторегрессионная модель с распределенным лагом (ADL — autoregressive distributed lag) для стационарных рядов x_t, y_t

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + b_0 x_t + b_1 x_{t-1} + \varepsilon_t, a_1 < 1,$$

позволяет перейти к ECM следующим образом:

учитывая, что при равновесии $x_t = x_{t-1}$, $y_t = y_{t-1}$ и $(1 - a_1)y = a_0 + (b_0 + b_1)x$, и если $k = \frac{b_0 + b_1}{1 - a_1}$, получим:

$$\Delta y_t = a_0 + b_0 \Delta x_t + (a_1 - 1)(y_{t-1} - kx_{t-1}) + \varepsilon_t.$$

Более сложные случаи модели в векторной форме рассмотрены в [Dickey et al, (1991)], [Johansen (1995)], [LeSage (1990)], [Shoensmith (1995)], [Maddala and Kim (1999)] и др.

Для случая, когда y_t — вектор n временных рядов порядка $l(1)$ — является коинтегрированным (имеется матрица a размерности $n \times n$, $r < n$, такая, что $z_t = a'y_t$ — вектор r временных рядов порядка $l(0)$), в соответствии с теоремой представления Грэнжера [Engle and Granger (1987)] существует представление процесса коррекции остатками (ECM) вида:

$$\Delta y_t = A \Delta y_t + \Psi z_{t-1} + \varepsilon_t,$$

где A — лаговый оператор;

Ψ — матрица коэффициентов размерности $(n \times r)$;

ε_t — стационарный многомерный случайный процесс.

ECM определяется при этом как VAR модель в первых разностях с r корректирующими членами (z_{t-1}).

Для двух рядов x_t и y_t Энгел и Грэнжер [Engle and Granger (1987)] предложили двухшаговую процедуру:

1) с помощью регрессии $y_t = \mu + ax_t + z_t$ оцениваются a и μ ;

2) проверяется, является ли z_t стационарным процессом — $I(0)$.

Если да, то $y_t = \mu + ax_t$ характеризует состояние равновесия, и ECM определяется как:

$$\Delta x_t = a_1 z_{t-1} + \text{lagged}(\Delta x_t \Delta y_t) + \varepsilon_{2t}; \Delta y_t = a_2 z_{t-1} + \text{lagged}(\Delta x_t \Delta y_t) + \varepsilon_{1t},$$

где $z_{t-1} = y_{t-1} - \mu - ax_{t-1}$;

ε_{it} — возмущения.

Таким образом, в соответствии с теоремой представления если два процесса $x(t)$ и $y(t)$ нестационарны (принадлежат классу $I(1)$), т. е. являются интегрированными процессами первого порядка), а их разность $z_t = y_t - bx_t$ — стационарна (принадлежит классу $I(0)$), то они являются коинтегрированными и могут быть представлены как решения уравнений коррекции остатками вида:

$$\Delta x_t = a_1 z_{t-1} + \sum_i m_{1i} \Delta x_{t-i} + \sum_j n_{1j} \Delta y_{t-j} + \varepsilon_{1t};$$

$$\Delta y_t = a_2 z_{t-1} + \sum_i m_{2i} \Delta x_{t-i} + \sum_j n_{2j} \Delta y_{t-j} + \varepsilon_{2t}.$$

Как правило, при этом проводится тест для выявления коинтеграции, при котором проверяется гипотеза (H_0) на наличие единичного корня (unit root test) у z_t , т. е., что x_t и y_t не коинтегрированы. В случае отклонения H_0 z_t принадлежит классу $I(0)$, т. е. x_t и y_t коинтегрированы (H_1).

Эта модель содержит разности переменных, которые обнуляются в установившемся режиме, определяемом поведением переменной z_t на долгосрочном периоде времени. Поэтому модели коррекции остатками данного вида могут с успехом применяться для описания краткосрочных, быстро меняющихся процессов экономической динамики. Что же касается переменной z_t , которая определяет поведение экономической системы на долгосрочном периоде времени, то соответствующая ей модель требует, очевидно, серьезного обоснования, основанного в первую очередь на экономической теории, а не на эконометрических оценках.

Представляет интерес, однако, почему ECM получили такое широкое распространение.

Связь модели коррекции остатками с инвариантными системами

Прежде чем продолжить рассмотрение ECM, напомним, что одной из первых работ Грэнжера была монография [Грэнджер и Хатанака (1972)], переведенная еще в 1972 г. и посвященная использованию теории спектрального анализа временных рядов. Эта теория, как известно, преимущественно используется в теории систем автоматического управления (САУ). Поэтому можно предположить, что автор-математик, знакомый с теорией САУ, использовал некоторые ее результаты для анализа экономических процессов. В частности, можно предположить, что ему был известен метод построения инвариантных систем (компенсация ошибки в прямой цепи — Feedforward compensation и управление в прямой цепи — Feedforward control). Можно назвать многочисленные зарубежные и отечественные публикации в этой области — например, монографии [Shinners (1998)], [Dutton et al (1997)], [Техническая кибернетика, 1967]. Именно этот метод, по-видимому, лег в основу его основных идей, относящихся к ECM. Во всяком случае, в работе [Hendry et al (1984)] указывалось, что существует непосредственная связь между ECM и теорией систем автоматического регулирования.

Для лучшего понимания истоков ЕСМ рассмотрим сначала вариант с аддитивной ошибкой на выходе системы с использованием корректирующего звена на входе системы. Целью использования коррекции на входе является измерение возмущения и его коррекция до того, как оно начнет изменять величину контролируемой ошибки (следует отметить, что использование обратной связи не предоставляет такой возможности, так как система начинает обрабатывать возмущение лишь после того, как оно повлияло на контролируемую ошибку). Задача заключается, следовательно, в нахождении операторов, с помощью которых можно было бы при известном входе x_t добиться максимального приближения выходной переменной системы y_t к некоторой желаемой функции w_t .

В операторной форме соответствующее уравнение имеет следующий вид:

$$Y(s) = G_p(s)U(s) + D(s)G_d(s),$$

где $Y(s)$ — выход;

$U(s)$ — вход системы;

$D(s)$ — возмущение;

$G_p(s)$ и $G_d(s)$ — искомые операторы.

Вход системы является суммой входной величины $X(s)$ и входной корректирующей переменной $V(s)$: $U(s) = X(s) + V(s)$.

При этом входная переменная $X(s)$ является суммой двух составляющих: детерминированной $M(s)$ и случайной $N(s)$.

Для того чтобы выходная переменная системы $Y(s)$ была равна желаемой переменной $W(s)$, необходимо, чтобы корректирующая переменная была равна

$$\begin{aligned} V(s) = U(s) - X(s) &= \frac{W(s)}{G_p(s)} - D(s) \left[\frac{G_d(s)}{G_p(s)} \right] - X(s) = \frac{G_d(s)}{G_p(s)} \left\{ \frac{W(s)}{G_d(s)} - \left[\frac{G_p(s)}{G_d(s)} \right] X(s) - D(s) \right\} = \\ &= \frac{W(s) - X(s) - D(s)G_d(s)}{G_p(s)} \end{aligned}$$

Очевидно, если бы такая корректирующая переменная могла быть подана на вход системы, на выходе при любом возмущении наблюдалась бы желаемая переменная $W(s)$: $Y(s) = W(s)$. Таким способом, следовательно, разработчик модели или системы мог бы получить все, что ему нужно. В действительности это нельзя осуществить, потому что тогда должны быть точно известны операторы $G_p(s)$ и $G_d(s)$, а также возмущение $D(s)$, и, кроме того,

должны быть реализуемы операторы $\left[\frac{G_d(s)}{G_p(s)} \right]$ и $\left[\frac{1}{G_p(s)} \right]$ и известна входная величина $X(s)$.

Поэтому корректирующая переменная определяется приблизительно:

$$V(s) = \frac{\frac{W(s)}{F_3(s)} - X(s)F_1(s) - D(s)}{F_2(s)},$$

где $F_1(s) \neq F_2(s)$.

Отсюда легко прийти к модели типа ЕСМ.

Рассмотрим также один из наиболее простых вариантов коррекции по входу X (рис. 1).

Пусть требуется найти зависимость вида

$$Y(s) = \Phi(s)X(s) + E_1(s), \quad (1)$$

где все функции даны в операторной форме $Y(s)$ — выходная переменная;

$X(s)$ — входная;

$\Phi_1(s)$ — исходный оператор;

$E_1(s)$ — ошибка;

s — комплексная переменная.

Коррекция (т.е. снижение) ошибки аппроксимации $E_1(s)$ возможна путем усложнения операторной связи между $Y(s)$ и $X(s)$, которое наиболее просто выполнить с помощью так называемой инвариантной системы:

$$Y(s) = F(s)X(s) + E_2(s),$$

$$F(s) = \frac{\Phi_1(s)\Phi_2(s)\Phi_3(s)}{1 + \Phi_2(s)\Phi_3(s)} + \frac{\Phi_4(s)\Phi_3(s)}{1 + \Phi_2(s)\Phi_3(s)}, \quad (2)$$

где $\Phi_i(s)$ — искомые операторы.

При $\Phi_4(s) = \frac{\Phi_1(s)}{\Phi_3(s)}$ получим:

$$F(s) = \Phi_1(s), \quad E_2(s) = E_1(s).$$

Однако при $\Phi_4(s) = \Phi_1(s)\Phi_5(s)$, где $\Phi_5(s) \neq \frac{1}{\Phi_3(s)}$, возможно получить снижение ошибки

аппроксимации, т.е. обеспечить $E_2(s) - E_1(s) < 0$.

Легко показать, что это неравенство достижимо:

$$E_2(s) - E_1(s) = [\Phi_1(s) - F(s)]X(s) = \Phi_1(s) \left\{ \frac{1 - \frac{\Phi_4(s)\Phi_3(s)}{\Phi_1(s)}}{1 - \Phi_2(s)\Phi_3(s)} \right\} < 0.$$

Например, при $\Phi_1(s) = K_1$, $\Phi_2(s) = \frac{K_2}{s}$, $\Phi_3(s) = K_3$, $\Phi_4(s) = K_4$, получим:

$$F(s) = K_1 \frac{1 + \frac{sK_4}{K_1K_2}}{1 + \frac{s}{K_2K_3}}, \quad \text{т.е. } E_2(s) - E_1(s) = \frac{K_1X(s) \left\{ s \left(\frac{1}{K_2K_3} - \frac{K_4}{K_1K_2} \right) \right\}}{1 + \frac{s}{K_2K_3}}.$$

При $K_1 < K_4 K_3$ получим (учитывая, что $sX(s)$ приблизительно является операторным преобразованием $\Delta x_t E_2(s) < E_1(s)$). Однако при этом необходимо учитывать возможность дифференцирования шума.

Формулу (2) с учетом выражения для $F(s)$ можно привести к уравнению модели коррекции остатками ECM:

$$Y(s) = \Phi_4(s)\Phi_3(s)X(s) - \Phi_2(s)\Phi_3(s)[Y(s) - \Phi_1(s)X(s)] + E(s)[1 + \Phi_2(s)\Phi_3(s)]. \quad (3)$$

При выбранном выше виде для операторных зависимостей $\Phi_1(s)$, $\Phi_2(s)$, $\Phi_3(s)$ и $\Phi_4(s)$ получим из (3):

$$sY(s) = sK_4 K_3 X(s) - K_2 K_3 [Y(s) - K_1 X(s)] + E(s)[1 + s + K_2 K_3].$$

Если $X(s)$, $Y(s)$ — операторные преобразования функций времени x_t , y_t , e_t , то приближенно получаем разностное уравнение:

$$\Delta y_t = K_4 K_3 \Delta x_t - K_2 K_3 [y_t - K_1 x_t] + \Delta e_t + K_2 K_3 e_t,$$

которое является типичным видом модели ECM ($\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$).

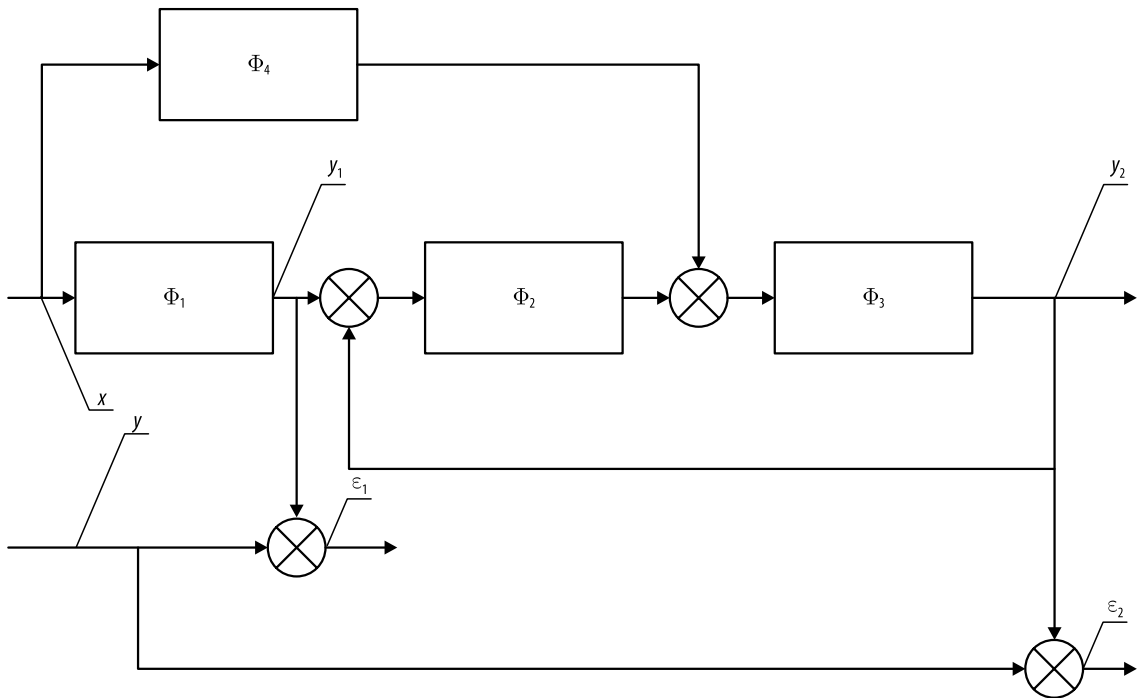


Рис. 1. Блок-схема модели коррекции остатками (Feedforward compensation)

Очевидно, при более сложном виде операторов $\Phi_1(s)$, $\Phi_2(s)$, $\Phi_3(s)$ и $\Phi_4(s)$ в уравнении модели появятся члены с лагом, превышающим 1, что очень часто делается на практике для повышения точности оценок.

В общем случае ошибка оценивания в операторной форме может быть представлена (в случае, когда все полюсы передаточной функции простые) следующим образом:

$$E(s) = \frac{A(s)}{B(s)} = \frac{A(s)}{\prod_{i=1}^k (s - s_i)}.$$

Обратное преобразование, т.е. во временной области ошибка, будет иметь следующий вид:

$$e_t = L^{-1}[E(s)] = \sum_{i=1}^k \left[\frac{A(s_i)}{B'(s_i)} \right] \exp(s_i t).$$

Аналогично в дискретной области:

$$E(z) = \frac{A(z)}{B(z)} = \frac{A(z)}{\prod_{i=1}^k (z - d_i)}.$$

Обратное преобразование будет иметь следующий вид:

$$e_t = Z^{-1}[E(z)] = \sum_{i=1}^k \left[\frac{A(d_i)}{B'(d_i)} \right] d_i^t.$$

Таким образом, если порядок выбранного исследователем дифференциального уравнения, описывающего ЕСМ, достаточно высок, то ошибка с достаточно хорошей точностью может быть аппроксимирована набором экспонент.

Нами была исследована регрессионная зависимость реального денежного агрегата М2 от реального ВВП России (для примера были взяты специально месячные данные за период 1994:1–1998:9). При этом рассматривалось 5 вариантов модели ЕСМ, отличающихся различным числом лагов для разностей эндогенной и экзогенной переменных: 1 — ЕСМ, описываемая уравнением первого порядка, 3 — третьего и 4 — четвертого порядка для обеих переменных, 4-1 — уравнением четвертого порядка для эндогенной и первого — для экзогенной переменной и 1-4 — уравнением первого порядка для эндогенной и четвертого — для экзогенной переменной.

Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что точность ЕСМ первого порядка достаточно низка, а наиболее высока она для вариантов 3 и 4.

Таблица 2

Точность ЕСМ различного порядка (оценки автора)

Показатель	Порядок уравнения ЕСМ				
	1	3	4	4-1	1-4
R-squared	0,094 276	0,263 240	0,277 617	0,198 246	0,105 290
Adjusted R-squared	0,060 098	0,173 024	0,154 658	0,118 071	0,015 819
Durbin-Watson	1,84 301	1,69 409	1,76 095	1,68 898	1,82 480

Однако для обоснования выбора вида уравнения третьего или четвертого порядка у исследователей не имеется достаточной информации. Более того, уравнение, например, четвертой модели имеет отрицательный действительный корень: $z = -0,5793$, наличие которого свидетельствует о существовании колебательной составляющей на выходе. В то же время такого корня нет у моделей 1 и 3, т.е. его существование (или отсутствие) также требует дополнительного обоснования на основе более глубоких знаний о происходящих в экономике процессах. Наконец, специальной проблемой является нахождение оптимального начального условия.

На рис.2 показана составляющая переходного процесса, появляющаяся при корне $z = -0,5$: $y_t = d^t \cos(\pi t)$, $d = 0,5$.

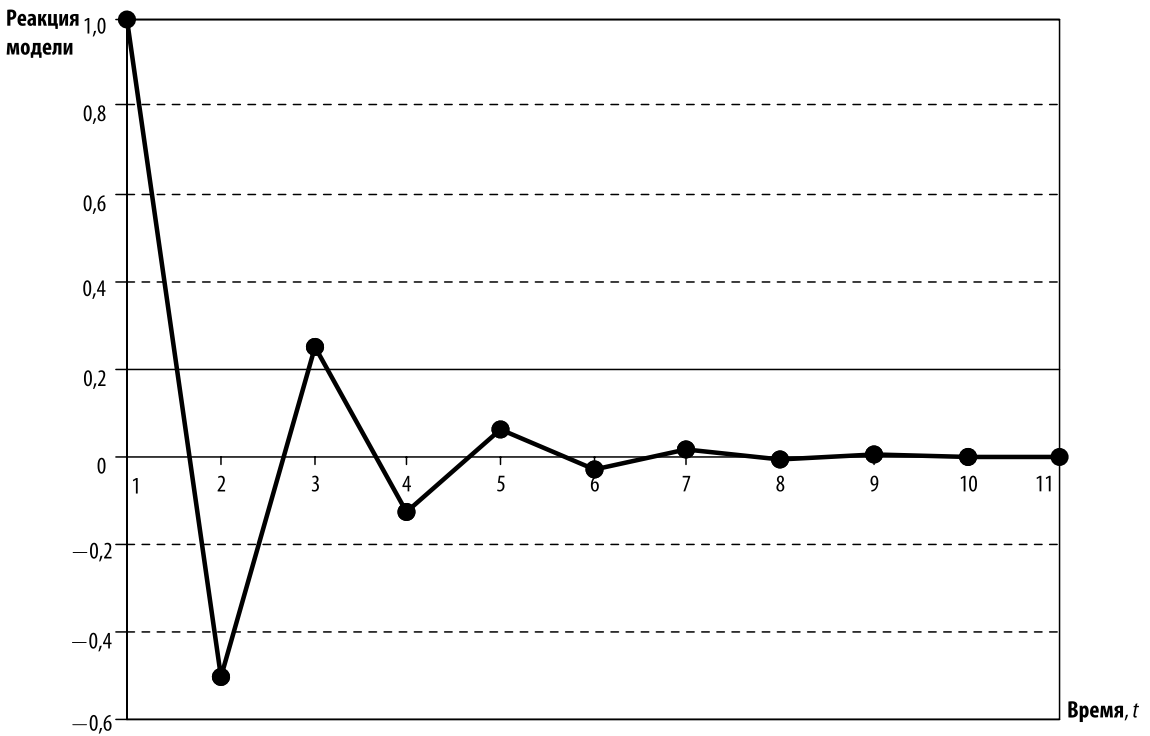
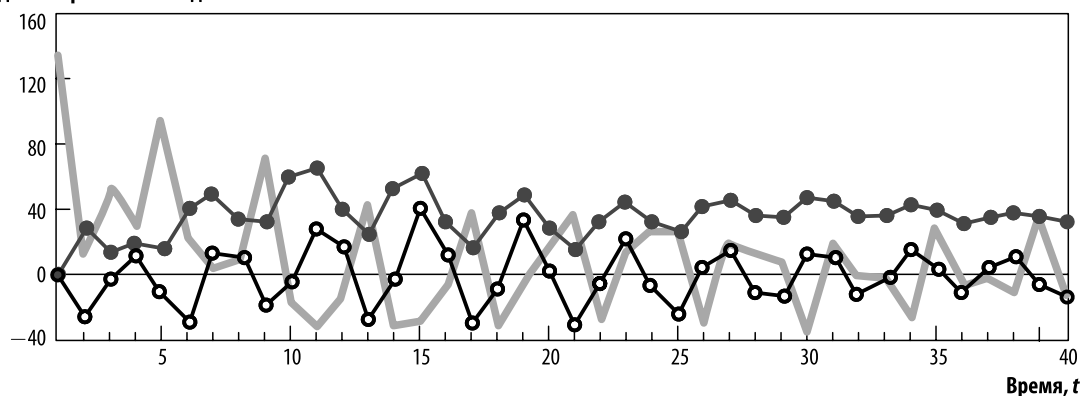


Рис. 2. Типичный переходной процесс при отрицательном корне разностного уравнения (корень $z = -0,5$; $y_t = d^t \cos(\pi t)$, $d = 0,5$)

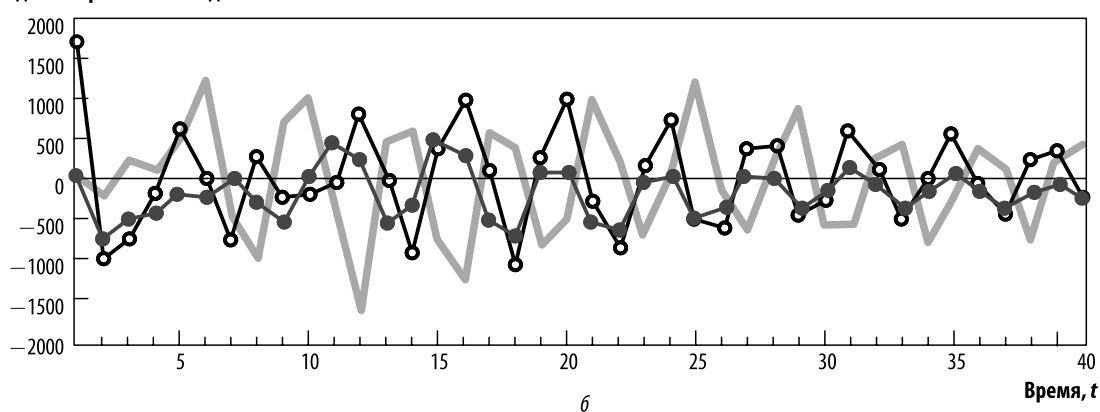
Приведем несколько примеров, взятых из работ зарубежных авторов последних лет..

Так, в работе [Ramirez et al (1999)] в двух случаях для квартальных данных действительный корень полинома комплексной переменной z оказался меньше нуля: для Канады $z_1 = -0,5051$, для Японии $z_1 = -0,5282$. Для годовых данных было получено, что для Японии $z_1 = -0,4948$ (см. табл.3, где s — логарифм реального обменного курса, r — процентная ставка, m — денежный агрегат, p — индекс цен, y — выход экономической системы анализируемой страны, а те же переменные с индексом 1 — например, r^1 и т.д. взяты для страны, с которой проводится сравнение, ЕС — член коррекции остатками). Оценка корней уравнения модели для квартальных данных показывает следующее:

Выходные переменные модели



Выходные переменные модели



Выходные переменные модели

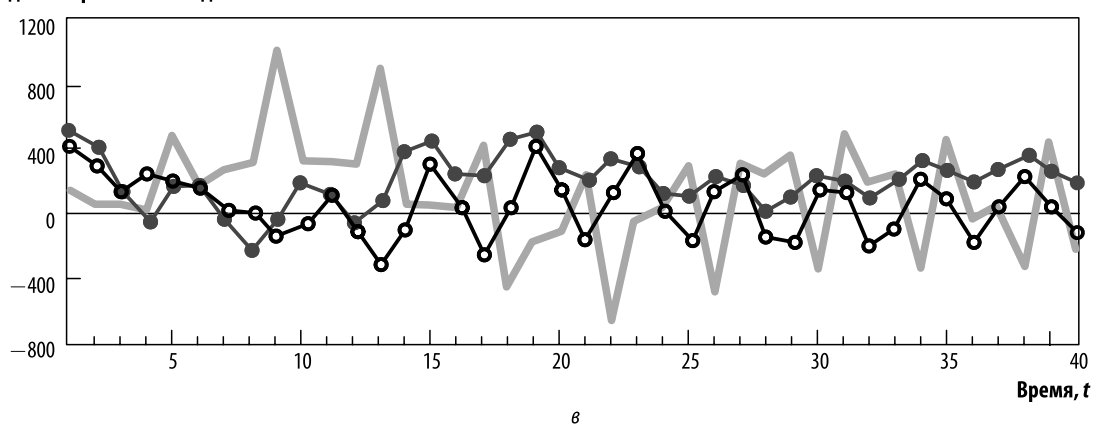


Рис. 3. Переходные процессы при шоковом воздействии последовательно по каждой из трех переменных модели типа *ECM*, описываемой лаговым уравнением 6-го порядка; *a* — *FDI* — прямые иностранные инвестиции; *б* — *DI* — внутренние инвестиции; *в* — *GDP* — валовой внутренний продукт (рисунок заимствован из статьи [Tang et al. (2008)])

а) Канада: $(0,8147 \pm 0,1086i)$; $(-0,0621 \pm 0,5323i)$; $(-0,5051)$;

б) Япония: $(0,8314 \pm 0,1591i)$; $(-0,0672 \pm 0,5567i)$; $(-0,5282)$;

корни уравнения модели для годовых данных: Япония: $(0,7474 \pm 0,4255i)$; $(-0,4948)$.

Это означает, что обменный курс в соответствии с моделью должен совершать значительные колебания при любом шоковом возмущении (см. рис. 2). При этом для Японии такие колебания должны согласно полученной модели иметь место каждый год и каждый квартал, что требует, очевидно, специального обоснования.

В работе [Tang et al. (2008)] построена векторная авторегрессионная модель ЕСМ, которая состоит из 3 уравнений коррекции остатками и включает 6 последовательных (с единичным лагом) разностей эндогенной переменной, т. е. она описывается разностным уравнением 6-го порядка. К сожалению, авторы не приводят точного выражения для полученной ими модели и не анализируют ее устойчивость. Однако приводимые ими графики результатов моделирования свидетельствуют о значительной колебательности реакции модели на возмущения, что требует четкого обоснования (см. рис. 3, где приведены реакции модели во временной области на шоковые воздействия, последовательно по каждой из 3 переменных: FDI — прямые иностранные инвестиции, DI — внутренние инвестиции, GDP — валовой внутренний продукт).

Таблица 3

Результаты оценок модели ЕСМ, приведенные в работе [Ramirez et al (1999)]

Канада	$\Delta s_t = 0,051 \Delta \ln \left(\frac{I_{t-3}^1}{I_{t-3}} \right) + 0,180 \Delta \ln \left(\frac{m_t^1}{m_t} \right) - 0,430 \Delta \ln \left(\frac{y_t^1}{y_t} \right) - 0,098 EC_{t-5}$	Квартальные данные
Япония	$\Delta s_t = 1,171 \Delta \ln \left(\frac{p_{t-3}^1}{p_{t-3}} \right) - 0,119 EC_{t-5}$	Квартальные данные
Япония	$\Delta s_t = 1,105 \Delta \ln \left(\frac{f_t^1}{f_t} \right) - 1,110 \Delta \ln \left(\frac{m_t^1}{m_t} \right) - 0,366 EC_{t-3}$	Годовые данные

В целом логика построения модели коррекции остатками на основе использования модели с инвариантной структурой сводится к следующему. На первом этапе определяется оператор $\Phi_1(t)$ в соответствии с уравнением (1). На втором этапе полученная зависимость между x_t и y_t усложняется за счет добавления в модель новых членов, позволяющих лучше учесть высокочастотные составляющие эндогенной и экзогенных переменных. Очевидно, обосновать связь полученной таким образом усложненной модели с описываемой ею экономической системой на практике чаще всего невозможно.

Таким образом, выбранная схема коррекции позволяет получить модель любого порядка (максимальный порядок будет определяться, очевидно, числом степеней свободы, которое ограничивается количеством точек наблюдения). Очевидно, модель коррекции остатками позволяет значительно снизить ошибки оценивания параметров без предъявления требований к спецификации модели. Это, безусловно, очень удобно для исследователей, не имеющих достоверной информации о том, как ведет себя экономическая система (или не желающих тратить много времени на ее получение, т. е. на проведение дополнительных

исследований, обычно значительно более трудоемких, чем разработка модели). При этом достижение достаточно высокой точности возможно за счет увеличения порядка уравнения модели, а также использования векторных моделей (эти тенденции заметны во многих статьях). Однако полученная модель может оказаться неустойчивой и, что самое главное, часто не соответствующей процессам, протекающим в исследуемой экономической системе.

К сожалению, подобные «преимущества» ЕСМ далеко не всегда учитываются на практике при проведении эконометрических оценок. В результате применение ЕСМ иногда ведет к дискредитации не только полученных результатов, но и методов, с помощью которых они разработаны.

Создатели и сторонники метода коинтеграции — достаточно упомянуть, например, статью Грэнжера [Granger (1997)] — считают, что он не является противоречивым, так как результаты моделирования используются в реальной ситуации при принятии решения и могут быть сравнены с результатами, полученными с помощью других методов и моделей.

Другими словами, необходимо использовать большое число различных, конкурирующих друг с другом моделей, выбор которых должен осуществляться исходя из наличия и уровня квалификации соответствующих специалистов. При этом, по их мнению, следует ожидать, что наблюдаемая эволюция моделей «от простых стационарных уравнений к динамической системе одновременных уравнений, затем к векторным авторегрессионным и, наконец, к линейным моделям коррекции остатками» будет продолжена в будущем на основе моделей нового типа [Granger (1997), с. 176].

Однако в последнее десятилетие целый ряд авторов отмечает, что существуют некоторые проблемы, связанные с их практическим применением.

Отмечается, например, что при моделировании долгосрочных процессов перехода в область экономического равновесия принцип коинтеграции ведет к статической регрессионной модели, тогда как чаще всего необходимо использовать динамические (лаговые) модели и т. д. ([Maddala, Kim (1999)]).

Нельзя не согласиться и с выводом Песарана [Pesaran (1997), с. 179] относительно того, что «отказ от традиционных методов в пользу процедуры, основанной на анализе коинтеграции и существования единичного корня, является преждевременным».

По его мнению, существуют аргументы против теоретического использования коинтеграционного анализа и необходимо учитывать важность применения методов оптимизации, вытекающих из экономической теории, при формулировании и идентификации долгосрочных зависимостей в области прикладной экономики [Pesaran (1997), с. 189].

Роль экономической теории при этом должна быть определяющей в случае моделирования долгосрочной траектории экономической динамики. Это требование, являющееся наиболее сложным, необходимо особенно учитывать при использовании коинтеграционного анализа и метода отыскания единичных корней, которые следует сочетать с методами анализа структуры экономической системы.

Наконец, что, возможно, является наиболее существенным, при большом времени переходного процесса задача оценки долгосрочного поведения экономической системы значительно усложняется. Кроме того, предположение о том, что экономика все время находится в состоянии равновесия, не может быть обязательным и требует специального обоснования.

По мнению Песарана, уравнения, описывающие долгосрочное поведение системы, должны быть специфицированы в рамках соответствующей динамической системы, например, типа векторной авторегрессионной модели (VAR), а необходимость учета структуры экономической системы можно обосновать с помощью оптимизационной задачи с квадратичной целевой функцией и линейными ограничениями. Если решение оптимизационной задачи записывается в векторной форме как

$$Ay_t = By_{t-1}CE(y_{t+1}|I_n) + DX_t + u_t,$$

где y_t — вектор эндогенных переменных (размерности $n \times 1$);

X_t — VAR-процесс конечного порядка (вектор наблюдаемых экзогенных переменных ($k \times 1$));

u_t — вектор ненаблюдаемых возмущений ($n \times 1$) (обычно u_t — белый шум с нулевым математическим ожиданием);

I_n — информация, доступная экономическим агентам в момент времени t ;

E — знак математического ожидания;

A, B, C и D — матрицы,

то при наличии установившегося решения оно определяется выражением:

$$(A - B - C)y_t^* = DX_t^* + u_t^*,$$

где знаком «*» обозначены установившиеся значения соответствующих величин.

В том случае, если процесс X_t имеет единичный корень, последнее соотношение также будет структурным коинтеграционным соотношением:

$$\{(A - B - C)y_t - DX(t)\} \sim I(0).$$

Так как матрицы A, B, C и D зависят от структуры системы, необходимо соответствующим образом тестировать все ограничения, накладываемые на нее.

Отсюда следует, что коинтеграционный анализ должен сопровождаться дополнительными исследованиями.

Следует учитывать, что накопление информации о долгосрочных процессах в экономике происходит очень медленно, и это чрезвычайно затрудняет выбор адекватной модели. Поэтому главным ограничением использования ЕСМ является возможность адекватного описания экономических процессов на основе предварительного исследования всех блоков анализируемой системы в определенном диапазоне входных переменных.

Практика показывает, что в подавляющем большинстве случаев такое описание в настоящее время наиболее реально осуществить лишь для ЕСМ первого или максимум второго порядка. Можно указать на ряд областей, где это возможно в первую очередь: при анализе цен [Sargan (1964)], при исследовании динамики запасов [White et al. (2002)], моделирования неплатежей [Варшавский (2000)] и т. п. Требуется учитывать также, что при больших амплитудах изменения входных переменных необходим переход от линейных моделей к нелинейным либо к моделям с переменной структурой.

Следует отметить, наконец, что и в реально функционирующих системах автоматического управления принцип инвариантности, положенный в основу ЕСМ, используется далеко не всегда, причем основной проблемой там является выбор такой полосы пропускания

входного фильтра, при которой не происходит значительного дифференцирования входных шумов (тогда как в случае ЕСМ иногда выгодно обратное), т. е. реально соотношение

$$\Phi_4(s) = \frac{\Phi_1(s)}{\Phi_3(s)} \text{ не может быть выполнено.}$$

Все сказанное означает, что при применении модели ЕСМ необходимо, как уже отмечалось, прежде всего теоретическое обоснование вида и структуры экономической системы на основе знания и правильного использования экономических законов и адекватного выбора вида блоков модели в определенном диапазоне изменения входных переменных. Таким образом, использовать модель ЕСМ следует с большой осторожностью.

3. Заключение

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

В том случае, когда ЕСМ-модель имеет хорошо обоснованную с экономической точки зрения спецификацию (обычно это характерно, как было уже сказано, для моделей невысокой размерности — первого или второго порядка), ее применение позволяет повысить точность оценивания, что является несомненным реальным достоинством метода.

Однако необходимо учитывать и мнимые «достоинства» ЕСМ-модели. Они определяются следующим:

- выбранная схема коррекции позволяет получить *модель любого порядка* (максимальный порядок определяется числом степеней свободы, которое ограничивается количеством точек наблюдения);
- достижение *достаточно высокой точности* возможно за счет увеличения порядка уравнения модели, что часто и делается на практике (эта тенденция заметна во многих статьях);
- метод позволяет значительно снизить ошибки оценивания параметров без предъявления требований к спецификации модели;
- модель очень удобна для исследователей, не имеющих достоверной информации о том, как ведет себя экономическая система; или не желающих тратить время на получение новых данных (т. е. на проведение дополнительных исследований, обычно значительно более трудоемких и длительных, чем разработка модели), либо не имеющих достаточных экономических знаний, приобретаемых с опытом;
- даже если модель оказывается неустойчивой либо имеющей на выходе колебательную составляющую, т. е. часто не соответствующей процессам, протекающим в исследуемой экономической системе, используемые для оценки ее достоверности критерии эконометрики могут дать положительный результат;
- широкие «возможности» обеспечивают и векторные ЕСМ, применение которых в настоящее время значительно расширилось, так как при их использовании экономическая интерпретация моделей становится крайне неопределенной и сомнительной.

Можно предположить, что именно эти «достоинства» модели ЕСМ предопределили масштабы ее применения.

Основные рекомендации-требования квалифицированного потребителя могут быть сведены к следующему:

• особое внимание следует уделить углублению содержательного изучения экономических систем, сбору и получению необходимой для этого информации, исследованию процессов в нелинейной области при больших амплитудах шоковых воздействий;

• требуется разработка методов исследования экономических систем, находящихся на разных стадиях траектории развития (очевидно, нельзя предполагать эргодичность процессов и т. п.);

• по-видимому, необходима разработка методов эконометрического исследования систем с обратной связью;

• требуется не только создание еще более совершенных эконометрических методов, но также четкое определение допустимых областей их применения, что является не менее сложной задачей, чем разработка новых моделей и методов.

Следует помнить, что общество, как и отдельный индивидуум, является живым организмом. Каждый момент жизни общества, как и жизни одного человека, по-своему уникален и неповторим. Поэтому при исследовании процессов, происходящих в обществе, традиционные методы теории случайных процессов, хорошо зарекомендовавшие себя в области физики, химии и др., не всегда оказываются адекватными.

Очевидно, требуется и преодоление целого ряда новых, возникших в последние годы негативных тенденций, ведущих к распространению рыночных принципов в университетской среде (когда научная результативность оценивается по количеству опубликованных статей и т. д.), к монополизации научной школы одной страны (США), одного направления и т. п. и в итоге — к большим, неэффективным затратам времени и значительного человеческого капитала, а также к получению результатов, которые очень часто не имеют ни теоретического, ни практического значения.

Список литературы

Бердичевский А., Бегли Ш. Больше не вуду // *Русский News-week*. 2009. № 20(241). 11–17 мая.

Варшавский А. Е. Моделирование неплатежей и денежного спроса в бартерной экономике России // *Экономика и математические методы*. 2000. Т. 36. № 2.

Грэнжер К., Хатанака М. Спектральный анализ временных рядов в экономике. М.: Статистика, 1972.

Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования. Кн. 2: Анализ и синтез линейных непрерывных и дискретных систем автоматического регулирования / Колл. авторов; под ред. В. В. Солодовникова. М.: Машиностроение, 1967.

Alogoskoufis G., Smith R. On Error correction models: specification, interpretation, estimation // *Journal of economic surveys*. 1991. Vol. 5. № 1.

Banerjee A., Dolado J. J., Galbraith J. W., Hendry D. F. Co-integration, Error Correction, and the Econometric Analysis of Non-stationary Data. Oxford: Oxford University Press, 1993.

Christ C. Assessing Applied Econometric results // *Federal Reserve Bank of St. Louis*. 1993. March/April.

Boef S. de. Modeling Equilibrium Relationships: Error Correction Models with Strongly Autoregressive Data // *Political Analysis*. 2000. № 14: 48. 19 October.

Dickey D. A., Jansen D. W., Thornton D. L. 1991. A primer on cointegration with an application to money and income,» *Federal Reserve Bulletin* // *Federal Reserve Bank of St. Louis*. 1991. P. 58–78. March/April.

Dutton K., Thompson S., Barraclough B. The Art of Control Engineering. Addison-Wesley, 1997.

Engle R. F., Clive W. J. Granger. Co-integration and error Correction: Representation, Estimation and Testing // *Econometrica*. 1987. Vol. 55. P. 251–276.

Granger C. On modeling the long run in applied economics // *The Economic Journal*. 1997. Vol. 107. P. 169–177. January.

Haavelmo T. The role of the econometrician in the advancement of economic theory // *Econometrica*. 1958. № 26(3). P. 351–357.

Hendry D., Pagan A., Sargan J. Dynamic Specification. Ch. 18: Handbook of Econometrics. Vol. II / Z. Griliches, M. Intriligator (eds.). BV: Elsevier Science Publ, 1984.

Johansen S. 1995. Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector autoregressive Models. Oxford: Oxford University Press.

Jones C. Positive and negative innovations in software engineering // *Software Productivity Research LLC*. 2006. Version 3. 24 December.

LeSage J. P. A Comparison of the Forecasting Ability of ECM and VAR Models // *Review of Economics and Statistics*. 1990. Vol. 72. P. 664–671.

Maddala G., Kim I. Unit roots, Cointegration, and Structural change. Cambridge University Press, 1999.

Malinvaud E. Econometric Methodology at the Cowles Commission: Rise and Maturity. Abstracted from the Cowles Fiftieth Anniversary Volume. URL: <http://cowles.econ.yale.edu/archive/reprints/50th-malinvaud.htm>

Pesaran H. The role of Economic theory in modelling the long run // *The Economic Journal*. 1997. Vol. 97. P. 178–191. January.

Pesaran H., Smith R. The role of theory in econometrics // *Journal of Econometrics*. 1993. Vol. 67. P. 61–79.

Phillips A. W. Stabilization policy in the closed economy // *Economic Journal*. 1954. Vol. 64. P. 290–323.

Phillips A. W. Stabilization policy and the time forms of lagged responses // *Economic Journal*. 1957. Vol. 67. P. 265–277.

Ramirez M. and Khan S. A Cointegration Analysis of Purchasing Power Parity: 1973–1996 // *International Advances in Economic Research*. 1999. Vol. 5. № 3. 1999. P. 369–385. August.

Salmon M. Error correction mechanisms // *The economic journal*. 1982. Vol. 92. September. P. 615–629.

Sargan J. D. Wages and prices in the UK / P. Hart, G. Mills, J. Whitaker (eds.) // *Econometric analysis for National Economic Planning*. 1964.

Shinners S. Advanced modern control system theory and design. N. Y.: John Wiley & Sons, 1998.

Shoosmith Gary L. Multiple Cointegrating Vectors, error Correction, and Litterman's Model // *International Journal of Forecasting*. 1995. Vol. 11. P. 557–567.

Tang S., Selvanathan A. and Selvanathan S. Foreign Direct Investment, Domestic Investment, and Economic Growth in China // *A Time Series Analysis. Research Paper*. 2008. № 19. February. URL: http://www.iaes.org/journal/iaer/may_02/anoruo.pdf.

Testimony of Doctor Allen Greenspan // *Committee of Government Oversight and Reform*. 2008. № 23. October.

Vul Ed., Harris Ch., Winkelman P., Pashler H. Puzzlingly High Correlations in fMRI // *Studies of Emotion, Personality, and Social Cognition*, 2009.

White A., Yan Y. C., Akpunar E., Hock K. Control Strategies for Inventory Management // *System Dynamics Conference. Sicily*. 2002. July.